

FIDUCIAL

Cite

PAT-NO: JP408288199A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08288199 A
TITLE: ALIGNMENT METHOD
PUBN-DATE: November 1, 1996

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
NAKAGAWA, MASAHIRO
SUGAYA, AYAKO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME
NIKON CORP

COUNTRY
N/A

APPL-NO: JP07089404
APPL-DATE: April 14, 1995

INT-CL (IPC): H01L021/027, G03F009/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To focus a wafer to a projecting optical system and at the same time a wafer mark to be inspected to an off-axis system alignment sensor by an auto-focus system accurately.

CONSTITUTION: The amount of deviation from the image formation surface of a projecting optical system 16 on the surface of a wafer W is calculated by main AF sensors 47a and 47b in a slant incidence system. When the position of a wafer mark to be inspected is measured by image pickup elements 42X and 42Y in an alignment system 27, image-forming light flux is partially received by an image pickup element 46 via an AF relay system 44 and a semi-shielding plate 45

of light flux while changing telecentric property and the image of an AF mark projected on the wafer W is formed on the image pickup element 46. The position of the AF mark image on the image pickup element 46 is calibrated using the result measured by the main AF sensors 47a and 47b.

COPYRIGHT: (C)1996, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-288199

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L 21/30	5 2 5 A
G 0 3 F	9/00		G 0 3 F 9/00	H
			H 0 1 L 21/30	5 2 5 F
				5 2 5 W
				5 2 5 X
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-89404

(22) 出願日 平成7年(1995)4月14日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 中川 正弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 菅谷 綾子

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

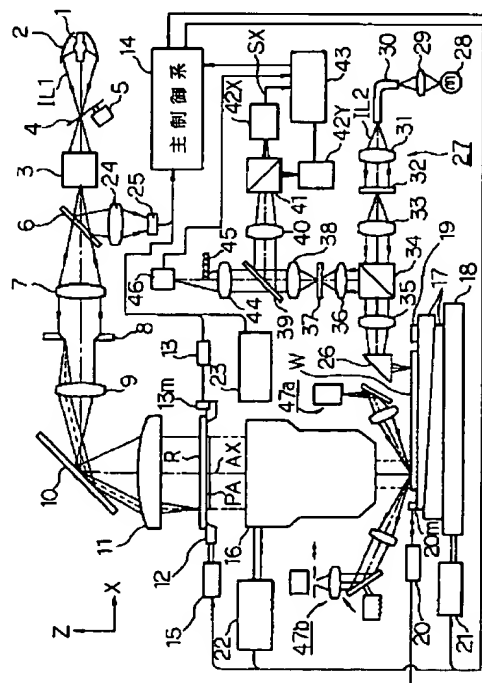
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 アライメント方法

(57) 【要約】

【目的】 投影光学系に対してウエハを合焦すると共に、オフ・アクシス方式のアライメントセンサに対して高精度に検出対象のウエハマークをオートフォーカス方式で合焦する。

【構成】 斜め入射方式の主AFセンサ47a、47bによりウエハWの表面の投影光学系16の結像面からのずれ量を計測する。アライメント系27内の撮像素子42X、42Yで検出対象のウエハマークの位置を計測する際に、結像光束の一部をAFリレー系44及び光束半導光板45を介して撮像素子46でテレセントリック性を崩して受光し、ウエハW上に投影したAFマーク像の像を撮像素子46上に結像する。主AFセンサ47a、47bで計測した結果を用いて、その撮像素子46上でのAFマーク像の位置のキャリブレーションを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクパターンを感光基板上に投影する投影光学系と、前記感光基板上に形成された位置合わせ用マークの位置を前記投影光学系を介することなく検出するオフ・アクシス方式のアライメント系とを備えた投影露光装置に関し、前記位置合わせ用マークの位置を前記アライメント系により検出し、該検出結果に基づいて前記感光基板と前記マスクパターンとの位置合わせを行うアライメント方法において、

前記感光基板上に前記投影光学系の光軸に斜めに位置検出用の第1の光束を照射することにより、前記投影光学系による結像面からの前記感光基板の前記光軸方向への位置ずれ量を計測する斜め入射方式の第1の焦点位置検出系と；前記オフ・アクシス方式のアライメント系の観察領域内の前記感光基板上に所定の第2の光束を照射し、該感光基板から反射される該第2の光束を受光して光電検出することによって得られる検出信号に基づいて前記感光基板の表面の前記アライメント系に対する合焦面からのずれ量を検出するアライメント系用の第2の焦点位置検出系と；を有し、

前記第1の焦点位置検出系により検出される前記感光基板上の所定の計測点の前記投影光学系の結像面からの位置ずれ量に基づいて、前記所定の計測点を前記アライメント系に対する合焦位置に合わせた後、前記所定の計測点を前記アライメント系の観察領域の中心に合わせた状態で、前記所定の計測点の近傍に前記第2の焦点位置検出系から前記第2の光束を受光して光電検出することによって得られる検出信号を基準検出信号として記憶し、

次に前記オフ・アクシス方式のアライメント系により前記感光基板上の位置合わせ用マークの位置を検出する際に、前記第2の焦点位置検出系により形成される前記検出信号を前記基準検出信号に設定することを特徴とするアライメント方法。

【請求項2】 請求項1記載のアライメント方法であって、

前記第2の焦点位置検出系から前記感光基板上に所定の複数個の計測用パターンを投影し、前記感光基板上の計測対象とする位置合わせ用マークの位置に応じて前記複数個の計測用パターン内から選択された所定のパターンを前記第2の焦点位置検出系で計測対象とすることを特徴とするアライメント方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、投影露光装置でマスクパターンと感光基板との位置合わせを行うためのアライメント方法に関し、特にオフ・アクシス方式のアライメントセンサを用いて半導体ウエハや液晶表示素子用プレート等の基板上のアライメントマークの位置を検出して位置合わせを行う場合に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの投影光学系を介した像を感光材料が塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写する投影露光装置（ステッパー等）が使用されている。斯かる投影露光装置では、開口数が大きく焦点深度の浅い投影光学系が使用されるため、ウエハを焼付け位置（露光位置）に設定した後、ウエハ表面の所定の計測点で投影光学系の光軸方向の位置（フォーカス位置）を検出し、そのフォーカス位置を投影光学系の結像面に合わせ込むためのオートフォーカス機構が備えられている。

【0003】最近では、投影光学系の開口数がより大きくなり焦点深度が一層浅くなっているのに伴い、ウエハ表面の凹凸、又は傾斜による投影光学系の露光フィールド内での解像度の低下、及び投影像の線幅の均一性の低下が問題になってきている。このため、露光位置毎に、ウエハ表面の平均的な面の結像面に対する傾斜角を検出し、その傾斜角を0に維持するように制御を行うオートレベリング機構も提案されている。傾斜角検出装置（レベリングセンサ）としては、斜入射方式のコリメータ型のレベリング検出系が知られている。更に、例えば特開昭58-113706号公報に開示されているように、斜入射方式のコリメータ型のレベリング検出系と斜入射方式の焦点位置検出系とを一体に組み合わせたものも知られている。

【0004】ところで、近年、より高集積度のICを製造するために、露光光の波長を短波長化して解像度を高めようとする傾向があり、例えば、露光光としてKrFエキシマレーザ光（波長λ：248.5nm）、又はArFエキシマレーザ光（波長λ：193nm）等を用いることが検討されている。例えば、KrFエキシマレーザ光を用いた投影露光装置の場合、露光光と異なる波長のアライメント光によりTTL（スルー・ザ・レンズ）方式でレチクルとウエハとのアライメント（位置合わせ）を行おうとしても、その露光波長に近い適当な波長のアライメント光の光源がない。そのため、露光波長とアライメント光の波長とが大きく異なり、色収差を良好に補正したアライメント光学系を実現するには投影光学系内の瞳位置に色収差補正部材を配設する等しなければならず、投影光学系の性能を制約する恐れがあった。

【0005】それに対して、エキシマレーザ光自体を用いてアライメントを行うにしても、フォトレジストが感光されること、また、エキシマレーザ光源がパルス光源でパルス毎の出力のばらつきが大きいために、アライメント用としては精度上問題のあることなどから解決しなければならない点が多い。このようなことから、遠紫外の露光光源を用いた投影露光装置においては、投影光学系から一定間隔だけ離して配置され、専らウエハ上のア

ライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するオフ・アクシス方式のアライメントセンサが有効である。オフ・アクシス方式のアライメントセンサであれば、TTL方式と違って露光波長や検出方法に関する制約が殆ど無く、ステージ精度や温空調制御精度を改善することでTTL方式並の十分に高い再現性を有するアライメントが期待できるからである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のオフ・アクシス方式のアライメントセンサを備えた投影露光装置においては、露光位置（投影光学系の露光フィールド）のみの計測結果に基づいてオートフォーカス及びオートレベリングを行う機構になっている。そのため、投影光学系の結像面の位置とオフ・アクシス方式のアライメントセンサ内の観察用顕微鏡のベストフォーカス位置とが、大気圧変動等によりずれてしまうと、オートフォーカス系によりウエハの露光面を投影光学系の結像面に合わせ込んでも、オフ・アクシス方式のアライメントセンサではデフォーカス状態となり、ウエハマークの位置の検出精度が低下するという不都合があった。

【0007】また、露光を継続すると、露光光の照射による熱変形により投影光学系の結像面の位置が光軸方向に変化する場合があるが、この場合でもオフ・アクシス方式のアライメントセンサのベストフォーカス位置は変化しないため、ウエハの露光面の位置を投影光学系の結像面に合わせ込むと、オフ・アクシス方式のアライメントセンサ側では焦点外れが生じてしまう。

【0008】そこで、オフ・アクシス方式のアライメントセンサにTTL方式の専用オートフォーカス機構を備えることが考えられる。しかし、そのアライメントセンサの対物レンズの開口数が空間的な制約であり大きくできないため、そのオートフォーカス用の光束のウエハへの入射角をあまり大きくできない。このような場合、オートフォーカス用の光の一部はフォトレジスト上面で反射されるが、残りの光の多くがフォトレジスト下面まで透過して下地によっても反射される。そのため、フォトレジストの下地（ウエハの表面）に反射率むらがあると、オートフォーカス用の光の反射光の強度分布が変化して、オートフォーカス精度が悪化する恐れもあった。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、オフ・アクシス方式のアライメントセンサを用いた投影露光装置のアライメント方法において、投影光学系に対してウエハを合焦できると共に、そのアライメントセンサに対しても高精度に検出対象のウエハマークをオートフォーカス方式で合焦できるようにすることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による投影露光装置は、例えば図1及び図5に示すように、マスクパターン(R)を感光基板(W)上に投影する投影光学系(16)と、感光基板(W)上に形成された位置合わせ用マ

ーク(Mxj)の位置を投影光学系(16)を介することなく検出するオフ・アクシス方式のアライメント系(27)とを備えた投影露光装置で、位置合わせ用マーク(Mxj)の位置をアライメント系(27)により検出し、この検出結果に基づいて感光基板(W)とマスクパターン(R)との位置合わせを行うアライメント方法において、感光基板(W)上に投影光学系(16)の光軸に斜めに位置検出用の第1の光束を照射することにより、投影光学系(16)による結像面からの感光基板(W)のその光軸方向への位置ずれ量を計測する斜め入射方式の第1の焦点位置検出系(47a, 47b)を使用する。

【0011】更に、本発明は、そのオフ・アクシス方式のアライメント系(27)の観察領域内の感光基板(W)上に所定の第2の光束(64A)を照射し、感光基板(W)から反射されるその第2の光束を受光して光電検出することで得られる検出信号に基づいて感光基板(W)の表面のアライメント系(27)に対する合焦面からのずれ量を検出するアライメント系用の第2の焦点位置検出系(32, 33, 44~46)を使用する。そして、その第1の焦点位置検出系により検出される感光基板(W)上の所定の計測点の投影光学系(16)の結像面からの位置ずれ量に基づいて、その所定の計測点をアライメント系(27)に対する合焦面に合わせた後、その所定の計測点をアライメント系(27)の観察領域の中心に合わせた状態で、その計測点の近傍にその第2の焦点位置検出系から照射されるその第2の光束を受光して光電検出することで得られる検出信号を基準検出信号として記憶し、次にそのオフ・アクシス方式のアライメント系(27)により感光基板(W)上の位置合わせ用マーク(Mxj)の位置を検出する際に、その第2の焦点位置検出系により形成されるその検出信号をその基準検出信号に設定するものである。

【0012】この場合、その第2の焦点位置検出系から感光基板(W)上に所定の複数の計測用パターン(64A, 64B)を投影し、感光基板(W)上の計測対象とする位置合わせ用マーク(Mxj)の位置に応じてそれら複数の計測用パターン内から選択された所定のパターン(64A)をその第2の焦点位置検出系で計測対象とすることが望ましい。

【0013】

【作用】斯かる本発明によれば、図1に示すように、先ず露光開始前に感光基板(W)上の所定の位置合わせ用マーク(Mxj)の中心を計測点として、この計測点を投影光学系(16)の露光フィールド内の例えば中心に移動して、斜め入射方式の第1の焦点位置検出系(47a, 47b)により投影光学系(16)の結像面からの光軸方向への位置ずれ量を計測する。その後、例えば予め求めてある投影光学系(16)の結像面とオフ・アクシス方式のアライメント系(27)に対する合焦面との

第1のオフセット、及び気圧等の環境変化によるアライメント系(27)の合焦面の第2のオフセットでその計測された位置ずれ量を補正することにより、その計測点の光軸方向の位置(フォーカス位置)をアライメント系(27)の合焦面に合わせる。

【0014】その後、感光基板(W)の高さを固定した状態で、感光基板(W)上のその計測点をアライメント系(27)の観察領域の中心に移動してから、その計測点の近傍にアライメント系用の第2の焦点位置検出系(32, 33, 44~46)から計測用パターン(64A)を投影し、例えばテレセントリック性を崩して形成される像の位置を基準位置として記憶する。このようにテレセントリック性が崩されている場合には、感光基板(W)の高さが変化すると、そのように形成される像の位置が横ずれする。従って、その後、アライメント系(27)により感光基板(W)上の任意の位置合わせ用マークの位置検出を行う際にも、その第2の焦点位置検出系で形成される像の位置をその基準位置に合わせることに、その感光基板(W)の表面に各種プロセスにより凹凸が形成されていても、その凹凸の状態が各ショット領域間で同じである限り、常に正確にオートフォーカス方式で合焦が行われる。これにより、高精度にアライメントが行われる。

【0015】また、例えば図5(b)において、位置合わせ用マーク(Mxj)がショット領域(SA1)に属する場合には、そのショット領域(SA1)内の計測用パターン(64A)を検出対象とし、位置合わせ用マーク(Mxj)がショット領域(ESk)に属する場合には、そのショット領域(ESk)内の計測用パターン(64B)を検出対象とすることにより、より正確に合焦を行うことができる。

【0016】

【実施例】以下、本発明の一実施例につき図面を参照して説明する。本実施例は、フォトレジストが塗布されたウエハ上の各ショット領域に、ステップ・アンド・リピート方式で順次レチクルのパターン像を露光する投影露光装置(ステッパー)において、オフ・アクシス方式のアライメントセンサを用いてアライメントを行う場合に本発明を適用したものである。

【0017】図1は本例の投影露光装置の概略構成を示し、この図1において、超高圧の水銀ランプ1から発生した露光光ILL1は楕円鏡2で反射されてその第2焦点で一度集光した後、コリメータレンズ、干渉フィルター、オブティカル・インテグレータ(フライアイレンズ)及び開口絞り(σ絞り)等を含む照度分布均一化光学系3に入射する。また、楕円鏡2の第2焦点の近傍には、モータ5によって露光光ILL1の光路の開鎖及び開放を行うシャッター(例えば4枚羽根のロータリーシャッター)4が配置されている。なお、露光光ILL1としては、水銀ランプ1等の輝線(i線等)の他に、KrF

エキシマレーザ若しくはArFエキシマレーザ等のレーザ光、又は金属蒸気レーザやYAGレーザの高調波等を用いても構わない。

【0018】照度分布均一化光学系3から射出されたウエハのフォトレジスト層を感光させる波長域の露光光ILL1は、その大部分がビームスプリッター6を透過し、この透過光が第1リレーレンズ7、可変視野絞り(レチクルブラインド)8及び第2リレーレンズ9を通過してミラー10に至り、ここではほぼ垂直に下方に反射された後、メインコンデンサーレンズ11を介してレチクルRのパターン領域PAをほぼ均一な照度分布で照明する。レチクルブラインド8の配置面はレチクルRのパターン形成面と共役関係(結像関係)にある。

【0019】レチクルRは、駆動モータ15によって投影光学系16の光軸方向に微動可能で、且つ水平面内で2次元的な移動及び微小回転が可能なレチクルステージ12上に載置されている。レチクルステージ12の端部にはレーザ光波干渉式測長器(以下、「干渉計」と呼ぶ)13からのレーザビームを反射する移動鏡13mが固定され、レチクルステージ12の2次元的な位置は、干渉計13によって例えば0.01μm程度の分解能で常時検出されている。レチクルR上にはレチクルアライメント系(不図示)が配置され、これらレチクルアライメント系は、レチクルRの外周付近に形成された2組のアライメントマークを検出するものである。レチクルアライメント系からの検出信号に基づいてレチクルステージ12を微動させることで、レチクルRはパターン領域PAの中心点が光軸AXと一致するように位置決めされる。

【0020】さて、レチクルRのパターン領域PAを通過した露光光ILL1は、両側テレセントリックな投影光学系16に入射し、投影光学系16はレチクルRの回路パターンを1/5に縮小した投影像を、表面にフォトレジスト層が形成され、その表面が投影光学系16の結像面とほぼ一致するように保持されたウエハW上の1つのショット領域に重ね合わせて投影(結像)する。

【0021】図5(a)は、ウエハW上の座標系(x, y)に沿ってウエハW上に配列されたショット領域ES1~ESNを示し、各ショット領域ESi(i=1~N)に隣接するストリートラインにはそれぞれX方向用のウエハマークMxi、及びY方向用のウエハマークMyiが形成されている。ウエハマークMxiはX方向に所定ピッチで配列されたマルチマークであり、ウエハマークMyiはY方向に所定ピッチで配列されたマルチマークである。また、本例では、アライメントを例えばエンハンスド・グローバル・アライメント(以下、「EGA」という)方式で行う。このEGA方式では、それらショット領域ESiから予め選択されたショット領域(以下、「サンプルショット」という)SA1~SA9についてのみオフ・アクシス方式のアライメントセンサでウエハマークの位置を検出し、その検出結果を統計処

理することにより、全てのショット領域の計算上の配列座標を算出し、この配列座標に基づいて位置合わせを行う。

【0022】図1に戻り、ウエハWは、微小回転可能なウエハホルダ（不図示）に真空吸着され、このウエハホルダを介してZステージ17上に保持され、Zステージ17はXYステージ18上に載置されている。装置全体の動作を統括制御する主制御系14は、駆動モータ21を介して、XYステージ18をステップ・アンド・リピート方式で駆動することにより、ウエハWを2次元移動させ、Zステージ17を介してウエハWを投影光学系16の光軸に平行なZ方向で位置決めする。Zステージ17内には、ウエハWの水平出し（レベルング）を行うレベルングステージも組み込まれている。ウエハW上の1つのショット領域に対するレチクルRの転写露光が終了すると、XYステージ18によりウエハWは次のショット位置までステップングされる。Zステージ17の端部には干渉計20からのレーザビームを反射する移動鏡20mが固定され、Zステージ17の2次元的な位置は干渉計20によって、例えば0.01 μ m程度の分解能で常時検出されている。

【0023】また、Zステージ17上にはベースライン計測時等で用いられる基準マークが形成されたガラス基板よりなる基準部材19が、その表面の高さがウエハWの露光面の高さとほぼ一致するように設けられている。本例では、Zステージ17でZ方向の位置を変えて、基準部材19上の基準マークを後述のオフ・アクシス方式のアライメントセンサ27で観測し、撮像された基準マーク像のコントラストが最も高くなる位置から、そのアライメントセンサ27のベストフォーカス位置を求め、その基準部材19上の基準マークとしては、ウエハマークと同様のマルチマーク等が使用できる。

【0024】また、投影光学系16の結像面の位置は、例えばテストプリントや、ウエハ側のステージ内に設けた発光性のマーク（不図示）等を用いて求めることができる。また、基準部材19上の基準マークの位置をアライメントセンサ27により検出し、次にTTL（スルー・ザ・レンズ）方式の観察系（不図示）により投影光学系16を介してその基準マークの位置を検出することにより、投影光学系16の光軸とアライメントセンサ27の光軸とのずれ量であるベースライン量を求めることができる。そして、アライメントセンサ27でウエハW上の或るウエハマークの位置を検出し、その検出結果にそのベースライン量を加算することにより、そのウエハマークの属するショット領域を投影光学系16による露光フィールド内に位置合わせすることができる。

【0025】更に本例では、図1において、投影光学系16の結像特性を調整するための結像特性補正部22も設けられている。本実施例における結像特性補正部22は、投影光学系16を構成する一部のレンズエレメン

ト、特にレチクルRに近い複数のレンズエレメントの各々を、ピエゾ素子等の圧電素子を用いて独立に駆動（光軸AXに対して平行移動又は傾斜）することで、投影光学系16の結像特性、例えば投影倍率やディストーションを補正するものである。これに関して、投影光学系16の結像特性、例えば結像面の位置（焦点位置）は、周囲の大気圧、温度、及び投影光学系16に対する露光光の照射時間（正確には露光光吸収に伴う熱蓄積量）等によっても変化する。同様に、アライメントセンサ27のベストフォーカス位置も大気圧及び温度により変化する。

【0026】そこで、投影光学系16とアライメントセンサ27との中間位置に環境センサ23を配置し、この環境センサ23で大気圧及び温度を常時計測し、計測結果を主制御系14に供給する。主制御系14は、大気圧及び温度の計測結果より、予め実験的に求めてある計算式を用いて、投影光学系16の結像特性の変化量及び結像面の位置の変化量を求め、並行してアライメントセンサ27のベストフォーカス位置の変化量を求める。投影光学系16の結像特性の変化については、主制御系14は結像特性補正部22を介して補正を行う。また、投影光学系16の結像面の位置の変化及びアライメントセンサ27のベストフォーカス位置の変化に対しては、後述のように主制御系14はZステージ17を介して露光時及びアライメント時で各AFセンサを用いてそれぞれウエハWのフォーカス位置を独立に設定することにより対応する。

【0027】次に、ビームスプリッタ6で反射された露光光1L1は集光レンズ24を介して光電検出器25で受光され、光電検出器25の光電変換信号が主制御系14に供給されている。予め光電検出器25での受光量とウエハWの露光面での露光エネルギーとの関係が求められており、主制御系14は光電検出器25の光電変換信号を積算することによりウエハWの積算露光量をモニタすることができ、これにより露光時間の制御を行う。同時にその積算露光量から、投影光学系16を通過する露光光の光量も分かるため、主制御系14は光電検出器25の光電変換信号の積算結果より、投影光学系16の結像特性の変化量及び投影光学系16の結像面の位置の変化量を求め、上述の方法で補正を行う。

【0028】また、本例の投影露光装置には、ウエハWの露光面の位置を計測するための露光用フォーカス位置検出系（以下、「主AFセンサ」という）が設けられている。その主AFセンサ、Zステージ17及び主制御系14によりオートフォーカスが行われる。図1に示すように、主AFセンサ（47a、47b）は投影光学系16の側面に配置された送光系47a及び受光系47bにより構成されている。

【0029】図4は、図1の主AFセンサ（47a、47b）を拡大して示し、この図4において、主AFセン

サを構成する送光系47a(照明系51~集光対物レンズ53)、及び受光系47b(集光対物レンズ54~光電検出器58)中の送光系47aにおいて、照明系51の前面にはスリットパターンよりなる開口パターンが形成されている。その開口パターンを通過した検出光(例えばウエハW上のフォトレジストに対して非感光性の光)1L3が、ミラー52及び集光対物レンズ53を介して投影光学系16の光軸AXに斜めにウエハWの露光面(又は基準部材19の表面等)に照射され、その露光面上にスリットパターン像が結像投影される。そして、その露光面で反射された検出光が、受光系47bの受光対物レンズ54、傾斜角可変のミラー55、結像レンズ56及び振動スリット57を経て光電検出器58の受光面のスリット状の開口上にスリットパターン像を再結像する。その開口を通過した光を光電変換して得た検出信号が主制御系14内で振動スリット57の駆動信号で同期整流されて、フォーカス信号が得られる。

【0030】この場合、ウエハWの露光面でのスリットパターン像の長手方向は図4の紙面に垂直な方向であり、ウエハWの露光面がZ方向に変位すると、光電検出器58の受光面でのスリットパターン像はX方向に変位する。従って、光電検出器58から出力されるフォーカス信号は、所定の範囲内でウエハWの露光面のフォーカス位置に対してほぼリニアに変化する信号になるため、そのフォーカス信号からウエハWの露光面のフォーカス位置を検出することができる。また、受光系47b内のミラー55を図4の紙面に垂直な軸を中心に回転することにより、光電検出器58の受光面でのスリットパターン像の位置がX方向に変位する。主制御系14が、駆動部59を介してミラー55の傾斜角を設定する。前述のように、投影光学系16の最良結像面のZ方向の位置(結像面の位置)を求めたときに、例えばウエハWの露光面をその結像面の位置に設定した状態で、ミラー55を傾斜させて、光電検出器58の受光面の開口の中心にスリットパターン像の中心を合致させる。これはフォーカス信号を例えばゼロクロス点に設定することを意味するが、これにより主AFセンサ(47a、47b)のキャリブレーションが行われる。

【0031】次に、本例のオフ・アクシス方式のアライメントセンサ27の構成につき詳細に説明する。図1に戻り、投影光学系16の側面に、プリズムミラー26と共にアライメントセンサ27が配置されている。このアライメントセンサ27において、ハロゲンランプ28からの照明光1L2は、集光レンズ29を介して光ファイバ30に入射し、光ファイバ30の他端から射出された照明光1L2は、レンズ31を介して照明視野絞り板32を照明する。

【0032】図2(a)は照明視野絞り板32の構成を示し、この図2(a)において、照明視野絞り板32は遮光膜48が形成された円形のガラス基板よりなり、こ

の遮光膜48の中央部に矩形開口よりなる照野パターン32aが形成され、この照野パターン32aの上下にそれぞれ微細な正方形のパターンを所定ピッチで並べた点列状開口よりなるAFパターン32b及び32cが形成されている。その中央部の照野パターン32aを通過した照明光によりウエハ上の検出対象とするウエハマークを含む照明領域が規定され、その上下のAFパターン32b及び32cの像がそのウエハマークの上下に投影される。

10 【0033】なお、照明視野絞り板32としては、図2(b)に示すように、円形のガラス板の上下に点列状遮光部よりなるAFパターン32d及び32eを形成したものを使用してもよい。又は、図2(c)に示すように、それぞれ内部にAFパターン32b及び32cが形成された2枚のパターン板32A及び32Bを、図2(a)の1枚の照明視野絞り板32の代わりに使用してもよい。

【0034】図1に戻り、照明視野絞り板32の開口パターンを通過した照明光1L2は、レンズ33、ハーフプリズム34及び対物レンズ35を介してプリズムミラー26に入射し、プリズムミラー26で反射された照明光がウエハW上のウエハマークの近傍をほぼ垂直に照射する。この場合、ウエハWの露光面は照明視野絞り板32の配置面とほぼ共役となっている。そこで、プリズムミラー26の直下に例えば図5(a)のサンプルショットSA1に付設されたX方向用のウエハマークMxjがあるものとする、図5(b)に拡大図で示すように、ウエハマークMxjを囲む矩形の照明領域65に照明光が照射される。即ち、照明領域65は、図2(a)に示す照明視野絞り板32中の照野パターン32aと共役となっている。

【0035】図1において、ウエハW上のウエハマークからの反射光は同じ経路を戻ってプリズムミラー26、対物レンズ35を介してハーフプリズム34に達し、ハーフプリズム34で反射された光が、結像レンズ36を経て指標板37上にウエハマークの像を結像する。この指標板37にはX方向用の指標マーク37a、37b(図6(a)参照)及びY方向用の指標マークが形成されている。これら指標マーク37a、37bは図6(a)に示すように、それぞれY方向に対応する方向に伸びた直線状パターンがX方向に対応する方向に所定間隔で並設された2本のパターンより構成されている。

【0036】図1において、指標板37は対物レンズ35と結像レンズ36とによってウエハWの露光面とほぼ共役な面に配置されている。従って、ウエハW上のウエハマークの像は指標板37上に結像され、指標板37からの光がリレー系38、ビームスプリッター39、リレー系40及びハーフプリズム41を介して、それぞれ2次元CCDカメラ等よりなる撮像素子42X及び42Yの撮像面に達する。撮像素子42X及び42Yの撮像面

11

にはそれぞれウエハマークの像と指標マークの像とが結像される。そして、撮像素子42X及び42Yからの撮像信号に基づいて、信号処理系43が指標板37上の指標マークとウエハマークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を主制御系14に供給する。この際に、撮像素子42Xの走査線の方向はX方向に対応する方法であり、撮像素子42Yの走査線の方向はY方向に対応する方向である。そこで、例えば図5(a)のサンプルショットSA1のX方向用のウエハマークMxjの位置検出は撮像素子42Xの撮像信号SXに基づいて行い、Y方向用のウエハマークMyjの位置検出は撮像素子42Yの撮像信号に基づいて行う。このように指標マークを用いるのは、撮像素子42X及び42Yによる画像のスクラン開始位置のドリフトの影響を軽減するためである。

【0037】再び、検出対象のウエハマークを図5

(b)に示すウエハマークMxjであるとして、そのときの図1の撮像素子42Xによるウエハ上の観察視野内の様子を図6(a)に示す。この図6(a)において、ウエハW上の照明領域65は、ウエハマークMxjに対応する領域65cと、ウエハマークMxjの両側での指標板37上の指標マーク37a、37bに実質的に対応する領域65a、65bとで構成されている。これらの領域65a、65bにまで広げてその照明領域65を規定しているのは、それらの領域65a、65bのウエハからの戻り光を利用して指標板37上の指標マーク37a、37bを透過照明しているからである。従って、指標マーク37a、37bを照明する光に他のマークや回路パターンからのノイズ成分が混入しないように、領域65a、65bは回路パターンもマークも形成されていない領域となっており、通常は鏡面状に加工されている。以下、領域65a、65bのような回路パターンもマークも形成されていない領域を禁止帯と呼ぶ。

【0038】このときのウエハマークMxj、指標マーク37a、37bに対応する撮像素子42Xからの撮像信号SXを図6(b)に示す。ここで、縦軸は信号強度を表し、横軸は図1のXYステージ18のX方向の走査位置を表している。図6(b)に示すように、撮像素子42Xからの撮像信号は、指標マーク37a、37bの位置やウエハマークMxjのエッジに対応する位置(画素位置)でそれぞれボトムとなる信号波形となる。また、Y方向にも指標マークが設けられており、Y方向のウエハマークMyjの位置は撮像素子42Yにより検出される。

【0039】次に、本例のアライメント系27内には、対物レンズ35を介してTTL方式でオートフォーカスを行うためのフォーカス位置検出系(以下、「アライメント用AFセンサ」と呼ぶ)が備えられている。先ず、レンズ31、照野パターン32a、レンズ33、及び対物レンズ35が、そのアライメント用AFセンサの送光系の役割を果たしている。

12

【0040】そして、図5(b)に示すように、本例では検出対象のウエハマークMxjの照明領域65の上下にY方向に所定ピッチで配列された点列パターンよりなる2つのAFマーク像64A及び64Bが投影される。これらのAFマーク像64A及び64Bは、それぞれ図2(a)に示す照野パターン32a中のAFパターン32b及び32cの共役像である。一方のAFマーク像64Aは、ウエハマークMxjが付設されているサンプルショットSA1内に投影され、他方のAFマーク像64Bは、サンプルショットSA1に隣接するショット領域ESk内に投影されている。本例では、サンプルショットSA1内に投影されているAFマーク像64Aを用いて、オートフォーカス方式でウエハマークMxjをアライメント系に対して合焦させる。但し、例えばウエハマークMxjが下側のショット領域ESkに付設されているような場合には、そのショット領域ESk内に投影されているAFマーク像64Bを用いてオートフォーカスを行う。これにより、ショット領域に対するウエハマークの位置が変化しても、正確に合焦を行うことができる。

【0041】図1に戻り、ウエハW上のAFマーク像からの反射光(以下、「AF反射光」と呼ぶ)は、照明光と同じ経路を戻ってプリズムミラー26、対物レンズ35を経てハーフプリズム34に達し、ハーフプリズム34で反射されたAF反射光が、結像レンズ36を経て指標板37上にAFマーク像を再結像する。指標板37を通過したAF反射光は、リレー系38、ビームスプリッタ39、AFリレー系44、光束半遮光板45を経て、1次元CCD等よりなる撮像素子46に入射し、撮像素子46の撮像面にAFマーク像を再度結像する。従って、対物レンズ35、結像レンズ36、リレー系38、AFリレー系44、光束半遮光板45、及び撮像素子46よりアライメント用AFセンサの受光系が構成されている。そして、その撮像素子46からの撮像信号に基づいて、信号処理系43が撮像面上のAFマーク像の位置を検出し、この位置情報を主制御系14に供給する。この際、信号処理系43は主制御系14の指令に基づいて、撮像素子46の撮像面上に結像している複数のAFマーク像の中から、図5(b)のAFマーク像64Aに対応するAFマーク像を選んで、そのAFマーク像のみに基づいて位置検出を行う。

【0042】ここで、本例の光束半遮光板45の作用につき説明する。図1において、光束半遮光板45はアライメント用AFセンサの受光系の光軸AX2(図3参照)を中心として右半分の領域を覆っているため、AFリレー系44から撮像素子46の撮像面に向かうAF反射光の主光線はその撮像面に傾いて入射する。即ち、本例のアライメント用AFセンサの受光系のテレセントリック性は崩れており、ウエハWの表面が上下して、その表面のZ方向の位置(フォーカス位置)が変化するのに

応じて、撮像素子46の撮像面上のAFマーク像は左右に変位する。

【0043】図3は、AFリレー系44から撮像素子46までを拡大して示し、この図3に示すように、AFリレー系44の軸外を光軸AX2に平行に通過するAF反射光49Aが、撮像素子46の撮像面上で光軸AX2上の点A（AFマーク像）に集光するものとする。このとき、ウエハWのフォーカス位置が変化すると、そのAF反射光49Aは開き気味の光束49B、又は収束気味の光束49Cとなり、その撮像面での光量分布の重心（AFマーク像）の位置はそれぞれテレセントリック性が崩れている方向であるM方向に対して点B又は点Cに横ずれする。ウエハWのフォーカス位置に対して、その撮像面上でのAFマーク像の横ずれ量は所定範囲内ではほぼニアに変化するため、撮像面上のAFマーク像の位置を検出することで、ウエハWのフォーカス位置を検出できるわけである。

【0044】この場合、ウエハWの表面（露光面）がアライメント用の撮像素子42X、42Yに対して合焦されている状態で、図5（b）に示すAFマーク像64Aの像がオートフォーカス用の撮像素子46の撮像面上に合焦されている必要はなく、その撮像面上でのAFマーク像の位置が問題である。即ち、前述のように、アライメントセンサ27（アライメント用の撮像素子42X、42Y）のベストフォーカス面のZ方向の位置を求めて、例えば基準部材19のパターン面をこのベストフォーカス面の位置に設定した状態で、撮像素子46の撮像面上に形成されるAFマーク像の位置をアライメントセンサ27のベストフォーカス位置を示す基準フォーカス位置として記憶する。これによりアライメント用AFセンサのキャリブレーションが行われる。

【0045】次に、本実施例による露光方法につき説明する。例えば大気圧についてのみ考慮するものとして、予め或る基準の大気圧で投影光学系16の結像面の位置とアライメントセンサ27のベストフォーカス位置とが合致するように調整され、且つそのベストフォーカス位置で主AFセンサ（47a、47b）により得られるフォーカス信号がゼロクロス点となり、アライメント用AFセンサで再結像されるAFマーク像の位置が基準フォーカス位置（初期値）となるようにキャリブレーションが行われている。そして、ウエハWへの露光を行う前に、図1の主制御系14は環境センサ23により投影光学系16及びアライメントセンサ27の周囲の大気圧を計測し、その計測結果の基準大気圧からの変化量より、投影光学系16の結像面の位置の変化量 $\Delta Z1$ 及びアライメントセンサ27のベストフォーカス位置の変化量 $\Delta Z2$ を算出する。

【0046】この結果、図4に示すように、ウエハWの露光面が基準面60にあるときに主AFセンサ（47a、47b）のフォーカス信号がゼロクロス点になると

すると、投影光学系16の結像面は例えば面61に上昇しており、アライメントセンサ27のベストフォーカス位置は例えば面62に低下している。従って、基準面60から面61への変化量 $\Delta Z1$ 、及び基準面60から面62への変化量 $\Delta Z2$ が主制御系14により算出される。

【0047】そこで、アライメントセンサ27を用いて、ウエハW上で図5（a）のサンプルショットSA1～SA9から選択された例えばサンプルショットSA1のウエハマークの位置を検出する場合には、まず、このサンプルショットSA1を投影光学系16の露光フィールドに移動して、主制御系14は駆動部59を介してフォーカス位置の変化量 $\Delta Z2$ に対応する角度だけミラー55を傾斜させる。この状態で主AFセンサ（47a、47b）によるオートフォーカスを行うと、図7（a）に示すように、主AFセンサの受光系47bから得られるフォーカス信号がゼロとなる面が、アライメントセンサ27のベストフォーカス位置の面62になる。

【0048】次に、このフォーカス状態のサンプルショットSA1を移動して、図5（b）に示すように、このサンプルショットSA1に隣接するストリートライン上のウエハマークMxjをアライメントセンサ27による照明領域65内に持ってくる。このウエハマークMxjの周辺には2個のAFマーク像64A、64Bが結像しており、ウエハWの表面から反射されたAF反射光は撮像素子46の撮像面に再度AFマーク像を形成する。これら2個のAFマーク像の内、ウエハマークMxjが属するサンプルショットSA1上のAFマーク像64Aに対応するAFマーク像（以下、「実使用のAFマーク像」という）が、予め主制御系14に検出対象として入力されている。なお、図5（b）において、ショット領域間のストリートライン領域上にAFマーク像が投影されているような場合には、全てのAFマーク像を実使用のAFマーク像としてもよい。

【0049】そして、主制御系14の指令により信号処理系43は、撮像素子46から送られてくる撮像信号より実使用のAFマーク像の位置を検出し、この位置をアライメントセンサ27のサンプルショットSA1に対するベストフォーカス位置を示す基準フォーカス位置（補正後）として記憶する。これによりアライメント用AFセンサのサンプルショットSA1に関するキャリブレーションが完了する。

【0050】上記の如き補正をアライメント用AFセンサに対して自動的に実施すれば、後続の各サンプルショットSA2～SA9に付設されたウエハマークの位置検出を行う際には、アライメント用AFセンサ内で再結像されるAFマーク像の位置をその基準フォーカス位置（補正後）に設定するオートフォーカスを行うことで、常にアライメントセンサ27のベストフォーカス位置で各ウエハマークの位置検出を実行することが保証され

る。これは各サンプルショット毎に実使用のAFマーク像が照射する位置はほぼ同じであるため、たとえその位置の下地に反射率むらがあり、その影響で撮像素子46上に再結像するAFマーク像が非対称に崩れることがあっても、その崩れ具合が各サンプルショット毎にほぼ同じであるため、フォーカス位置の検出に誤差は生じないことになるからである。こうして、ウエハマークの位置が高精度に検出される。

【0051】その後、サンプルショットSA1～SA9の位置に基づいて図5(a)のウエハW上の各ショット領域ES1～ESNの座標位置が算出され、このように算出された座標位置に基づいて各ショット領域の投影光学系16の露光フィールド内への位置決めが行われる。そして、位置決め終了後のショット領域への露光を行う際には、図1の主制御系14は図4の駆動部59を介してフォーカス位置の変化量($\Delta Z1 - \Delta Z2$)に対応する角度だけミラー55を傾斜させる。この状態でオートフォーカスを働かせると、図7(b)に示すように、主AFセンサの受光系47bから得られるフォーカス信号がゼロとなる面が、投影光学系16の結像面がある面61になる。この状態で、露光を行うことにより、レチクルRのパターンが高い解像度でそれぞれウエハWの各ショット領域に投影される。

【0052】なお、上述のようにウエハ毎に上記の自動補正を行う必要はなく、例えばロットの先頭の1枚目のウエハに対してのみ上記補正をするだけでもよい。また、ウエハの各工程毎に予め上記の自動補正を行って、各工程に対する基準フォーカス位置を主制御系14に記憶させて用いてもよい。なお、本実施例ではアライメントマーク領域外にAFパターン像を投影していたが、アライメント領域内にAFパターン像を投影する場合でも同様である。また、上述実施例ではAFマーク像64A、64Bをウエハ上に投影していたが(図5(b)参照)、ウエハ上にはAFマーク像を投影することなく、ウエハマークMxj自体からの反射光を用いてアライメント用AFセンサの撮像素子46上に結像されるウエハマーク像をAFマーク像の代わりにして、その位置ずれからフォーカス位置の検出を行ってもよい。この場合は、アリアライメントの精度によってはウエハ毎に上記補正を行うことが望ましい。

【0053】また、上記補正方法の手順を逆にして、アライメント用AFセンサにより追い込んだときのベストフォーカス位置の誤差をオフセット演算手段(主制御系14)及び主AFセンサにより計測し、その誤差分をアライメント用AFセンサのオフセット補正に用いることもよい。また、アライメント用フォーカス検出系として、テレセントリック性を崩したAFパターン像の横ずれ検出方式以外にも、例えばデフォーカスに伴うAFパターン像のコントラスト検出方式でもよい。また、対物レンズ35を介したTTL方式でなく、対物レンズの外

から主AFセンサのような斜入射方式で検出する方式であってもよい。即ち、様々なアライメント用フォーカス検出系に対して本発明は有効である。このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0054】

【発明の効果】本発明によれば、検出対象の位置合わせ用マークの近傍で斜め入射方式の第1の焦点位置検出系で検出したフォーカス位置に対して、例えば投影光学系の結像面の位置の変化量及びオフ・アクシス方式のアライメント系のベストフォーカス位置の変化量の補正を行うことにより、そのアライメント系に対してその位置合わせ用マークがベストフォーカス位置にあるときの、アライメント系用の第2の焦点位置検出系における結像位置の基準位置を求めている。従って、投影光学系に対して感光基板を合焦できると共に、そのアライメント系に対しても高精度に検出対象の位置合わせ用マーク(ウエハマーク)をオートフォーカス方式で合焦できる利点がある。

【0055】また、第2の焦点位置検出系から感光基板上に所定の複数個の計測用パターンを投影し、その感光基板上の計測対象とする位置合わせ用マークの位置に応じてそれら複数個の計測用パターン内から選択された所定のパターンをその第2の焦点位置検出系で計測対象とする場合には、感光基板上の露光領域(ショット領域)に対する位置合わせ用マークの位置が変化した場合でも、例えば計測対象のパターンをその露光領域内にあるパターンとすることにより、各種プロセスで感光基板の表面に凹凸が生じていても正確に合焦を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるアライメント方法が適用される投影露光装置の一例を示す構成図である。

【図2】(a)は図1中の照明視野絞り板32を示す拡大図、(b)はその照明視野絞り板32の他の例を示す拡大図、(c)はその照明視野絞り板32の代わりに使用できる2枚の遮光部材を示す拡大図である。

【図3】図1のアライメント系27用のAFセンサのフォーカス位置の変化量の検出原理の説明図である。

【図4】図1中の主AFセンサ(47a、47b)の構成を示す部分拡大図である。

【図5】(a)は実施例で露光対象とされるウエハのショット配列を示す平面図、(b)はそのウエハ上のサンプルショットSAの近傍を示す拡大平面図である。

【図6】(a)は撮像素子で観察されるウエハマーク及び指標マークを示す図、(b)は図6(a)に対応する撮像信号を示す波形図である。

【図7】(a)はアライメント時のフォーカス位置を示す要部の側面図、(b)は露光時のフォーカス位置を示す要部の側面図である。

17

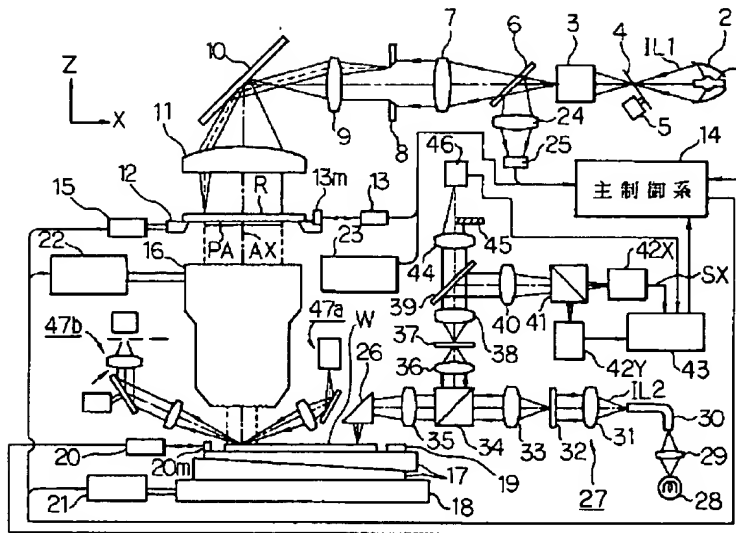
18

【符号の説明】

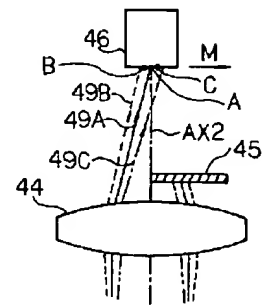
1 光源
R レチクル
W ウエハ
14 主制御系
16 投影光学系
22 結像特性補正部
23 環境センサ
25 光電検出器
ES1~ESN ショット領域

Mxi X方向用のウエハマーク
Myi Y方向用のウエハマーク
27 オフ・アクシス方式のアライメント系
32 照明視野絞り板
35 対物レンズ
42X, 42Y 撮像素子
37 指標板
44 AFリレー系
45 光束半遮光板
10 46 撮像素子

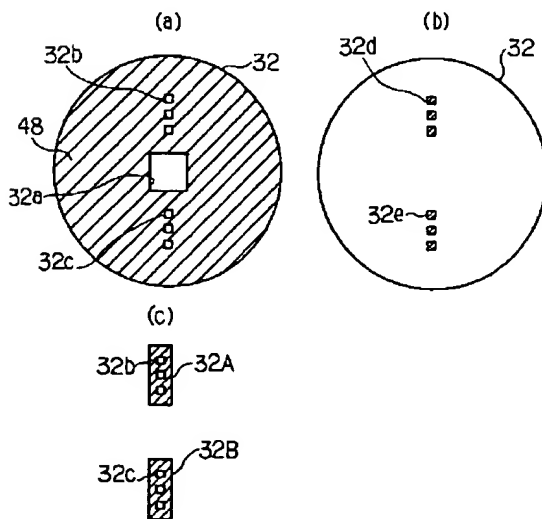
【図1】



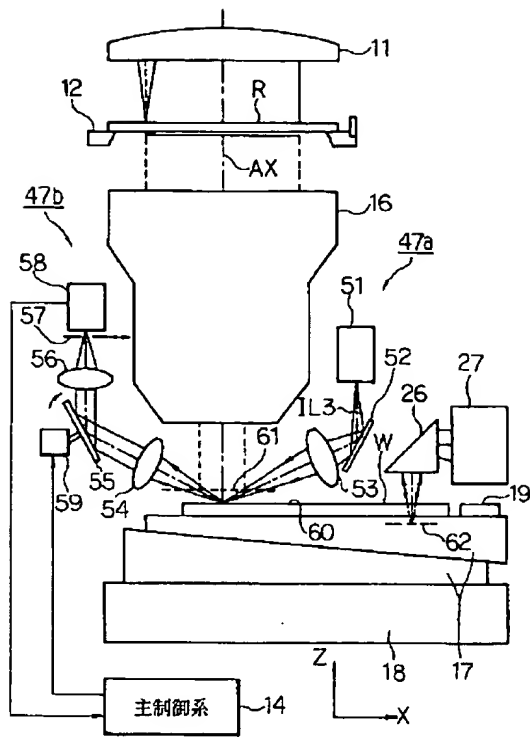
【図3】



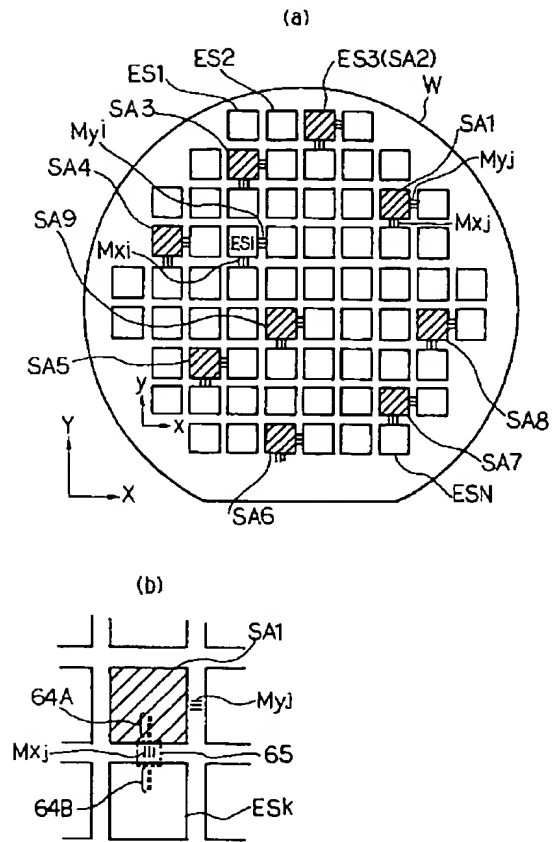
【図2】



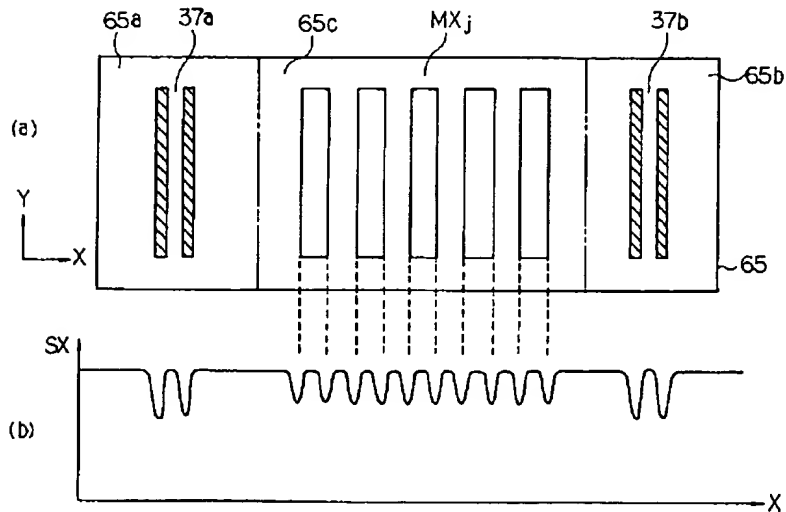
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

